Biomedical Applications of Quarkbase Cosmology: A Resonant Approach to Cancer Therapy

Carlos Omeñaca Prado

September 2025

Aplicaciones biomédicas de la Cosmología del Quarkbase: un enfoque resonante para el tratamiento del cáncer

Índice

1. Introducción **2**

2. Fundamentos físicos aplicables a la biomedicina **2**
2.1. Principios físicos 2

3. Propuesta **3**
3.1. Modelo físico-matemático 3
3.1.1. Ondas electromagnéticas en medio inhomogéneo 3
3.1.2. Ondas acústicas / mecánicas en tejido 4
3.1.3. Efecto colectivo y medio efectivo 4
3.2. Modelado térmico y umbral de daño 4
3.3. Predicciones y escalas numéricas orientativas 5
3.4. Diseño de la tecnología SRMT (concepto operativo) 5
3.5. Selección de frecuencia y Q-factor: compromiso penetración vs. focalización 5
3.6. Diseño experimental 6

4. Vinculación conceptual con la Cosmología del Quarkbase **6**

5. Limitaciones y riesgos **6**

6. Resumen ejecutivo **6**

7. Conclusión **7**

1. Introducción

La **Cosmología del Quarkbase** propone un marco en el cual el vacío no es un mero trasfondo sino un **éter plasmático real**, capaz de interactuar con las entidades fundamentales denominadas *quarkbases*. Estas, concebidas como compactas e indestructibles, generan resonancias y efectos macroscópicos observables, desde la formación de materia hasta fenómenos cosmológicos como la expansión acelerada.

En este trabajo exploramos una traslación conceptual de dicho marco al ámbito biomédico, con énfasis en la lucha contra el cáncer. La hipótesis rectora es que los **principios de resonancia, absorción y acoplamiento colectivo** que operan en el modelo cosmológico pueden inspirar nuevas formas de diseñar **resonadores selectivos** capaces de interactuar con tejidos biológicos de forma diferenciada, permitiendo diagnóstico y tratamiento no invasivo.

2. Fundamentos físicos aplicables a la biomedicina

La idea central es que **sistemas compactos (quarkbases)** inmersos en un **medio continuo (éter plasmático)** actúan como *resonadores* y *dispersores* de ondas; la superposición coherente de muchas de esas unidades da lugar a espectros colectivos y efectos macroscópicos observables. Trasladado a tejidos biológicos:

- **Quarkbases $\mapsto$ elementos resonantes localizados**: nanopartículas plasmónicas, microcavidades, inclusiones con distinto módulo elástico o permitividad eléctrica.
- **Éter plasmático $\mapsto$ medio biológico**: tejido intersticial + fluido extracelular, con propiedades electrodinámicas y mecánicas (densidad ρ, velocidad de sonido c_s, permitividad $\varepsilon(\omega)$, conductividad $\sigma(\omega)$).
- **Huecos internos/cavidades $\mapsto$ cavidades celulares, vesículas, espacios intersticiales** que pueden comportarse como cavidades resonantes a determinadas frecuencias.

Dos líneas físicas emprendedoras en biomedicina se alinean con esto: (A) **resonancia electromagnética localizada** (plasmonia en nanopartículas, resonadores dieléctricos) y (B) **resonancia acústomecánica** (acústica de cavidades, modos de vibración de inclusiones). Ambas permiten contraste diagnóstico y también deposición selectiva de energía (terapia).

2.1. Principios físicos

1. **Ondas en medio inhomogéneo**: ecuación de onda con parámetros espaciales variables (densidad, velocidad, permitividad).
2. **Resonancia local**: inclusiones con polarizabilidad $\alpha(\omega)$ que pueden sostener modos localizados cuando la condición de resonancia (p. ej. Fröhlich para plasmónica) se cumple.
3. **Efecto colectivo / acoplamiento**: muchas inclusiones coherentes dan una respuesta macroscópica $\varepsilon_{\text{eff}}(\omega)$ descrita por teorías efectivas (Maxwell–Garnett, Bruggeman).

4. **Absorción y Q-factor**: la energía absorbida por resonador depende de su sección eficaz de absorción σ_{abs} y del ancho de línea (Q).

5. **Conversión energía→calor / estrés mecánico**: la energía depositada puede elevar temperatura local o inducir tensiones mecánicas capaces de dañar células tumorales (siempre en contexto controlado).

3. Propuesta

Selective Resonant Modulation Therapy (SRMT) — Terapia no invasiva/semidirecta basada en excitación resonante selectiva de *contrast resonators* (nanopartículas o microresonadores diseñados) biodirigidos al microambiente tumoral, explotando diferencias efectivas de permitividad/elasticidad entre tumor y tejido sano. Objetivos: diagnóstico por contraste + deposición localizada de energía para ablación térmica o mecánica selectiva.

> Razonamiento: la mayoría de tumores presentan microambiente físico distinto (pH, vasculatura, densidad celular). Si añadimos resonadores con modo resonante en banda accesible (RF–microondas–THz para EM; MHz para acústica), y si el tumor tiene capacidad de retener esos resonadores (por targeting pasivo o activo), una excitación de campo externo sintonizada con la resonancia del resonador produce **absorción localizada** con mínimo impacto en tejido sano.

3.1. Modelo físico-matemático

3.1.1. Ondas electromagnéticas en medio inhomogéneo

La ecuación de Maxwell en frecuencia armónica ($e^{-i\omega t}$) en medio sin fuentes libres es:

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r},\omega) - k_0^2 \varepsilon_r(\mathbf{r},\omega)\, \mathbf{E}(\mathbf{r},\omega) = 0,$$

donde $k_0 = \omega/c$ y $\varepsilon_r(\mathbf{r},\omega)$ es la permitividad relativa espacialmente dependiente (tejido + inclusiones).

Una **inclusión pequeña** de volumen V_p con permitividad $\varepsilon_p(\omega)$ en un host de permitividad $\varepsilon_h(\omega)$ puede describirse en la aproximación dipolar por su polarizabilidad $\alpha(\omega)$. Para una esfera pequeña:

$$\alpha(\omega) = 4\pi a^3 \frac{\varepsilon_p(\omega) - \varepsilon_h(\omega)}{\varepsilon_p(\omega) + 2\varepsilon_h(\omega)},$$

con radio efectivo a. La condición de resonancia (Fröhlich) aproximada aparece cuando

$$\Re\big[\varepsilon_p(\omega) + 2\varepsilon_h(\omega)\big] = 0.$$

La **sección eficaz de absorción** (dipolar) es

$$\sigma_{\text{abs}}(\omega) = k_0 \Im[\alpha(\omega)] - \frac{k_0^4}{6\pi}\big|\alpha(\omega)\big|^2,$$

y la potencia absorbida por una partícula en campo incidente E_0 es

$$P_{\text{abs}} = \tfrac{1}{2}\,\sigma_{\text{abs}}(\omega)\,|E_0|^2.$$

Si disponemos de N resonadores por unidad de volumen en la región tumoral, la potencia volumétrica absorbida aproximada es

$$\mathcal{P}_{\text{vol}}(\mathbf{r}) \approx n(\mathbf{r})\, \tfrac{1}{2}\sigma_{\text{abs}}(\omega)\, |E(\mathbf{r})|^2,$$

con $n(\mathbf{r})$ densidad de resonadores.

3.1.2. Ondas acústicas / mecánicas en tejido

Para el campo de presión acústica $p(\mathbf{r}, t)$ en un medio con densidad $\rho(\mathbf{r})$ y velocidad de sonido $c_s(\mathbf{r})$:

$$\nabla \cdot \left(\frac{1}{\rho(\mathbf{r})} \nabla p \right) - \frac{1}{\rho(\mathbf{r}) c_s^2(\mathbf{r})} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = 0.$$

Inclusiones elásticas (microcavidades) tienen modos propios; para una inclusión con módulo elástico distinto, existen frecuencias ω_n de resonancia que aumentan la absorción y el desplazamiento local.

La energía absorbida mecánicamente puede estimarse como

$$\mathcal{P}_{\text{vol}}^{(ac)} \sim n(\mathbf{r})\, \sigma_{\text{abs}}^{(ac)}(\omega)\, \frac{|p_0|^2}{2\rho c_s^2},$$

donde $\sigma_{\text{abs}}^{(ac)}$ es la sección de absorción acústica de la inclusión.

3.1.3. Efecto colectivo y medio efectivo

Si las inclusiones son numerosas, la permitividad efectiva $\varepsilon_{\text{eff}}(\omega)$ del volumen puede aproximarse por Maxwell–Garnett:

$$\varepsilon_{\text{eff}}(\omega) \simeq \varepsilon_h(\omega) \frac{1 + 2f \dfrac{\varepsilon_p - \varepsilon_h}{\varepsilon_p + 2\varepsilon_h}}{1 - f \dfrac{\varepsilon_p - \varepsilon_h}{\varepsilon_p + 2\varepsilon_h}},$$

con fracción volumétrica f.

3.2. Modelado térmico y umbral de daño

La energía absorbida se convierte en calor. Para estimar la elevación de temperatura se usa el **modelo de bioheat de Pennes**:

$$\rho_t c_t \frac{\partial T(\mathbf{r}, t)}{\partial t} = \nabla \cdot (k_t \nabla T) - \omega_b c_b (T - T_b) + \mathcal{P}_{\text{vol}}(\mathbf{r}, t),$$

donde ρ_t, c_t, k_t son densidad, calor específico y conductividad térmica del tejido; ω_b tasa de perfusión sanguínea, c_b calor específico de la sangre y T_b temperatura arterial.

El umbral de daño térmico puede estimarse con el criterio de **Arrhenius**:

$$\Omega(\mathbf{r}, t) = \int_0^t A\, e^{-E_a/(RT(\mathbf{r},t'))}\, dt',$$

donde A, E_a son parámetros empíricos; daño significativo suele corresponder a $\Omega \gtrsim 1$.

3.3. Predicciones y escalas numéricas orientativas

Ejemplo de orden de magnitud:

$$\mathcal{P}_{\text{vol}} \sim n\frac{1}{2}\sigma_{\text{abs}}|E|^2 \sim 10^3\text{–}10^6 \text{ W/m}^3.$$

Para un tumor de volumen $V \sim 1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$:

$$P \sim \mathcal{P}_{\text{vol}} V \sim 10^{-3}\text{–}10^0 \text{ W}.$$

3.4. Diseño de la tecnología SRMT (concepto operativo)

Componentes conceptuales:

- **Resonadores contrast agents**: nanopartículas dieléctricas o metálicas (oro, si se piensa en plasmones; óxidos dieléctricos para Mie-resonances) diseñadas para resonar en una banda segura y penetrante (p. ej. para EM: microondas/ondas milimétricas; para acústica: MHz). Estas partículas se conjugan a objetivos tumorales (targeting pasivo por EPR o activo por ligandos).
- **Excitador externo**: emisor de campo coherente (EM o acúst.) con posibilidad de barrido de frecuencia fino para encontrar la resonancia máxima *in vivo*.
- **Sistema de monitorización**: imágenes térmicas/ópticas/ultrasónicas para observar respuesta y evitar sobreexposición.
- **Control de dosificación**: modelos predictivos (bioheat, stress) para estimar efecto en función de P_{vol} y tiempo de exposición.

Modo de operación conceptual:

1. Administrar resonadores y permitir su acumulación en tumor.
2. Barrer frecuencia externa (o aplicar tono fijo si resonancia conocida) y monitorizar respuesta (campo echado, temperatura superficial, señales *back-scattered*).
3. Ajustar potencia/frecuencia para maximizar absorción tumoral y mantener límites de seguridad para tejido sano.

3.5. Selección de frecuencia y Q-factor: compromiso penetración vs. focalización

Frecuencias bajas (RF, microondas) penetran mejor pero la resolución espacial es baja; se requiere resonadores con alta σ_{abs}.

Frecuencias altas (THz, óptico) permiten resonancias más locales pero penetración limitada.

En acústica, MHz permite focalización (ultrasonido enfocado), y resonadores mecánicos pueden tener Q moderado.

El Q-factor de los resonadores determina la selectividad de frecuencia:

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}.$$

Un Q alto da mayor absorción en banda estrecha (mejor selectividad) pero puede complicar sintonía en vivo; Q moderado (10–100) es práctico.

3.6. Diseño experimental

Fases propuestas (resumen):

- **Modelado in silico**: simulaciones EM y acústicas (FDTD, FEM) de tejido + resonadores para hallar $\sigma_{\text{abs}}(\omega)$, campos y distribución de P_{vol}.
- **Pruebas in vitro**: medios gelatinosos y cultivos con inclusiones para medir absorción y aumento térmico.
- **Modelos animales preclínicos**: biodistribución y seguridad; monitorización térmica y función orgánica.
- **Validación clínica** escalonada conforme a regulaciones.

Ética y seguridad: imprescindible control de toxicidad de resonadores (biocompatibilidad, *clearance*), evitar daños colaterales, y cumplir normativa de dispositivos médicos y ensayos clínicos.

4. Vinculación conceptual con la Cosmología del Quarkbase

- En el marco Quarkbase, las partículas compactas generan modos plasmáticos del vacío; en SRMT traducimos esto al diseño de **resonadores compactos** que desplazan localmente las propiedades del medio (permitividad/elasticidad) y crean modos locales de alta densidad espectral que permiten depósito energético selectivo.
- Matemáticamente, la presencia de resonadores altera $\varepsilon(\mathbf{r}, \omega)$ como en la Cosmología del Quarkbase donde ρ_{field} y ρ_{surf} cambian la ecuación de estado efectiva. Aquí, un análogo operativo es que la composición local altera la respuesta de onda y genera respuestas observables (contraste IM).

5. Limitaciones y riesgos

1. **Biodistribución y toxicidad**: nanopartículas pueden acumularse en órganos (hígado, bazo), hay que estudiar *clearance* y funcionalidad.
2. **Seguridad de campo**: campos EM y acústicos tienen límites regulados; la terapia debe garantizar no exceder límites.
3. **Regulación y ética**: ensayos clínicos, aprobación CE/FDA, etc.

6. Resumen ejecutivo

- **Idea:** Explotar resonadores diseñados (inspirados en la metáfora Quarkbase→éter) como *contrast agents* y agentes de absorción para diagnóstico y tratamiento dirigido del cáncer.

- **Mecánica física:** resonancia electromagnética/acústica localizada → sección eficaz de absorción grande → potencia volumétrica depositada → aumento térmico/estrés mecánico sobre tejido tumoral.
- **Modelos clave:** polarizabilidad $\alpha(\omega)$, $\sigma_{\text{abs}}(\omega)$, bioheat (Pennes), Maxwell–Garnett para ε_{eff}.
- **Próximo paso técnico:** simulaciones numéricas y diseños de partículas que maximicen σ_{abs} en banda permisible y permitan *targeting* efectivo y biocompatible.
- **Advertencia:** enfoque conceptual; ninguna indicación de prototipado clínico sin pruebas y regulaciones.

7. Conclusión

El presente trabajo ha mostrado cómo la Cosmología del Quarkbase, inicialmente concebida como un marco físico fundamental, puede inspirar un enfoque radicalmente distinto en biomedicina. La propuesta de Selective Resonant Modulation Therapy (SRMT) se apoya en principios físicos de resonancia, absorción y acoplamiento colectivo para plantear un método de diagnóstico y tratamiento oncológico con potencial de selectividad y mínima invasividad.

La originalidad de este enfoque reside en la traducción de un modelo cosmológico hacia un paradigma médico, proponiendo resonadores diseñados que, al interactuar con campos electromagnéticos o acústicos, generan absorción localizada en tejido tumoral. El marco físico-matemático presentado —basado en polarizabilidad, secciones eficaces de absorción, modelos térmicos y teorías de medios efectivos— aporta una base sólida para futuras investigaciones in silico, in vitro e in vivo.

Si bien la SRMT se encuentra en un estado conceptual y presenta retos técnicos, regulatorios y éticos, abre una línea interdisciplinar de gran interés. Este trabajo pretende sentar los fundamentos para una agenda de investigación que vincule física fundamental, nanotecnología y oncología, con la esperanza de que, en un futuro, estas ideas puedan traducirse en soluciones clínicas innovadoras para la lucha contra el cáncer.